

УДК 622.271+624

Рахимов Ш.А., ст.преп., Салямова К.Д., д.т.н., проф.

*Ташкентский Архитектурно-строительный институт, Институт сейсмостойкости сооружений АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан*

## РАСЧЕТ СЕЙСМОУСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ ГРУНТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Проектирование, строительство и эксплуатация грунтовых сооружений (плотины, дамбы, водохранилища, хвостохранилища и т.п.) в сейсмических районах требует усовершенствования расчетных методов их сейсмостойкости [1-3].

Разработана методика и комплекс прикладных программ по расчетам устойчивости откосов для грунтовых плотин, согласно нормам.

Нормами проектирования допускается проведение расчета устойчивости низового откоса методом круглоцилиндрических поверхностей скольжения. В результате расчета определяется минимальное значение коэффициента устойчивости  $K_y$ , который должен быть равен или больше нормативного.

$$K_y = \frac{\sum M_{уд}}{\sum M_{сд}} \geq K_n \quad (1)$$

где  $\sum M_{уд} \sum M_{сд}$  – сумма моментов удерживающих и сдвигающих сил;  $K_n$  – нормативный коэффициент устойчивости, зависит от сочетания нагрузок и воздействий, а также класса капитальности сооружения принимаем  $K_n=1,1 \div 1,05$ .

Расчет выполняется в условиях плоской задачи, когда рассматривается отрезок плотины длиной равной единице. Грунт плотины выше кривой депрессии имеет естественную влажность, а ниже ее находится в насыщенном водой состоянии. Выбрав точку из центра, проводим дугу окружности радиусом  $R = 90$ , захватывающую только тело плотины и часть основания. Выделенный массив грунта, который может сползти по дуге этой окружности, делим вертикальными плоскостями на отсеки шириной  $b = R/m_0 = 90/10=9$ . Выделенный отсек грунта находится под действием собственного веса, бокового давления соседних масс грунта и давления фильтрационного потока. Собственный вес отсека находим по формуле:

$$G_n = (\gamma_1 h'_n + \gamma_2 h''_n + \gamma_3 h'''_n) b, \quad (2)$$

где  $\gamma_1$  – удельный вес грунта плотины естественной влажности выше кривой депрессии,  $\text{кН/м}^3$ ;  $\gamma_2$  – удельный вес насыщенного водой грунта плотины выше кривой депрессии,  $\text{кН/м}^3$ ;  $\gamma_3$  – удельный вес грунта основания, насыщенного водой,  $\text{кН/м}^3$ ;  $h'_n, h''_n, h'''_n$  – средние высоты полос грунта соответственно выше

кривой депрессии, ниже кривой депрессии, в основании плотины, м;  $b$  – ширина отсека, м. Полученные данные сводим в таблицу 1.

Для сокращения расчетов силу сцепления  $C = \sum c_i l'$  определяют не по отсекам, а по участкам с одинаковым удельным сцеплением, где  $l'$  – длина участка кривой скольжения с постоянным значением удельного сцепления:

$$l'_i = \pi R \beta_i / 180 \quad (3)$$

где  $\beta_i$  – угол, образованный радиусами, проведенными из центра кривой скольжения до пересечения с границами ее участков, имеющих постоянное значение удельного сцепления.

При проектировании гидротехнических сооружений в районах, подверженных землетрясениям необходимо учитывать специальные требования ШНК 2.06.11-04. [1,2].

Сейсмическая инерционная сила в сползающем массиве грунта приближенно определяется по формуле:

$$S = a_c k_c G = 1.5 * 0.05 * 1423 = 106,7, \quad (4)$$

где  $a_c = 1,5$  – коэффициент;  $k_c$  – коэффициент сейсмичности, для землетрясений в 8 баллов – 0,05;  $G$  – вес сползающего массива грунта, в котором грунт ниже кривой депрессии полностью насыщен водой.

Сейсмическая инерционная сила в массе воды, прилегающей к сооружению, определяется по формуле:

$$W_c = 0.5 k_c \gamma H^2 = 0.5 * 0.05 * 1.8 * 40^2 = 65, \quad (5)$$

где  $H$  – глубина воды у плотины, м.

Инерционная сила  $S$  прикладывается в центре тяжести сползающего массива, а инерционная сила  $W_c$  – на высоте  $H/3$  от дна водохранилища.

В качестве примера расчета была выбран низовой откос гравийно-галечниковой грунтовой плотины Ходжикентской ГЭС (каскад Урта-Чирчикских ГЭС на р.Чирчик, Узбекистан), расчетная схема представлена на рис.1. Низовой откос грунтовой плотины, за счет постоянного действия фильтрационного потока, атмосферных осадков и других нагрузок, имеет высокую вероятность потери устойчивости. Расчет его устойчивости ведут при заданных физико-механических характеристиках грунта тела плотины и основания, известных геометрических размерах поперечного профиля плотины и построенной по результатам фильтрационных расчетов кривой депрессии, при этом принимается в учет дренаж. Геометрические размеры сооружения и физико-механические характеристики грунтов сооружения были предоставлены институтом АО Гидропроект.

Коэффициент устойчивости откосов грунтовой плотины с учетом сейсмических сил определяется по формуле:

